

II Jornada

Ganadería y Medio Ambiente

Sistemas de gestión de deyecciones ganaderas



GIRO
gestión integral
de residuos orgánicos



Técnicas de gestión en zonas de alta densidad ganadera

Xavier Flotats¹ y August Bonmatí²

¹GIRO Unidad Mixta IRTA-UPC. Dep. Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología. Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

²GIRO Unidad Mixta IRTA-UPC. Instituto de Investigación y Tecnologías Agroalimentarias (IRTA)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

Índice

- El problema
- Planes de gestión
- Análisis territorial
- ¿Gestión/tratamiento en granja o centralizado?
- Estrategias de gestión y tratamiento
- Tecnologías
 - Digestión anaerobia
 - Separación sólido/líquido
 - Compostaje
 - Procesado de fracciones líquidas
 - Evaporación y secado
 - Separación por membrana
- Productos y su mercado
- ¿Cómo afrontar el análisis económico?
- Síntesis

Algunos documentos antiguos, para centrar el problema

La promulgación del Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica, residuos y cogeneración, ha propiciado un cambio en la percepción del concepto tratamiento; ha alterado la estructura de precios y por tanto la relación oferta/demanda en el mercado; ha modificado las prioridades de las líneas de investigación y desarrollo, y las prioridades en las estrategias y objetivos de los tratamientos. Es necesario aclarar, aunque parezca obvio, que el proceso de cogeneración, con los beneficios asociados a la coyuntura actual, no es un tratamiento; es un medio para hacer económicamente asequibles aquellos procesos de tratamiento cuyo limitante sea el aporte de energía térmica. Dado que la coyuntura económica es, o puede ser, cambiante, la estrategia prioritaria de tratamiento, que haya puesto de manifiesto el plan de gestión, ha de tener un peso específico elevado en el proceso de toma de decisiones, con vistas a tender a sistemas sostenibles.

Residuos Nº 53



*RESIDUA'99; III Conferencia Internacional sobre Gestión de Residuos
Madrid, 24-25 de noviembre de 1999*

La producción de purines secos en el marco de una gestión integral de residuos ganaderos

X. Flotats, A. Bonmatí, E. Campos, M. R. Teira

EL PROCESO DE SECADO DE PURINES EN EL MARCO DE UNA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS GANADEROS

X. Flotats, A. Bonmatí, E. Campos, M. R. Teira
Laboratorio de Ingeniería Ambiental, Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo, Universidad de Lleida

Residuos, 53: 40-46 (2000)

La gestión de los purines en Cataluña. Respuestas para un desarrollo sostenible. Asociación Ingenieros Industriales de Cataluña, Barcelona, 26 y 27 de enero del 2000. Publicado en RETEMA, Revista Técnica de Medio Ambiente, marzo-abril 2000, pp 37-47

Perspectivas de futuros desarrollos e iniciativas en la gestión y tratamiento de purines de cerdo

X. Flotats
Laboratorio de Ingeniería Ambiental
Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo
Universidad de Lleida



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

El problema

- Las deyecciones ganaderas son el subproducto residual orgánico que se produce en mayor cantidad
- Ocasiona multitud de problemas si no se gestiona adecuadamente:
 - Contaminación atmosférica: emisiones de CH₄, N₂O, NH₃, COV,..
 - Contaminación de aguas: nitratos, fosfatos, xenobióticos, ...
 - Contaminación de suelos: xenobióticos, metales, reducción de O₂, efectos de toxicidad a cultivos,...
 - Consumos de energía
 - Aspectos sanitarios
 - Aspectos económicos,
 -

Producción estimada (miles de toneladas) de deyecciones en Europa y en los ocho estados con mayor producción (Foged *et al.*, 2011a)

	Purines cerdo	Purines y estiércol bovino	Gallinaza	TOTAL
France	17.098	229.436	16.732	263.264
Germany	31.039	159.756	11.218	202.013
United Kingdom	5.312	122.190	16.161	143.663
Spain	30.351	74.297	13.120	117.766
Poland	16.485	70.344	11.801	98.630
Italy	10.681	75.578	2.472	88.731
Ireland	1.696	82.885		84.580
Netherlands	13.978	49.315	9.222	72.515
TOTAL UE (2011)	126.640	863.801	80.726	1.381.911



Plan de gestión

(herramienta básica de planificación)

Programa de actuaciones, individual o colectivo, conducentes a adecuar la producción de deyecciones las necesidades de los cultivos, u otras, en el espacio y en el tiempo

Ha de contemplar:

- Medidas de reducción en origen
 - De caudales y de componentes limitantes (Cu , Zn , N , P ,...agua)
- Análisis de requerimientos. Balance de nutrientes
- Plan de fertilización, adaptado a cada cultivo
- Análisis territorial. Transporte y distancias
- Tratamientos

Escenarios generales basados en la gestión de nutrientes

Situación

Diagnosis

a) Equilibrio en el balance de nutrientes a escala de granja



a) Proceso a nivel de granja con el objetivo de aumentar la capacidad de gestión

b) Equilibrio de nutrientes a escala de la zona (agregando una granja y uno o varios agricultores)



b) Proceso a nivel de granja con el objetivo de reducir los costes de transporte

c) Lo mismo que b) pero con una relación de n ganaderos a m agricultores (n y $m > 1$)



c) Gestión colectiva, integrando transporte y almacén. Se puede adoptar un tratamiento centralizado o combinado. Los aspectos de gestión son limitantes

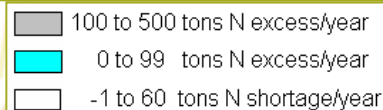
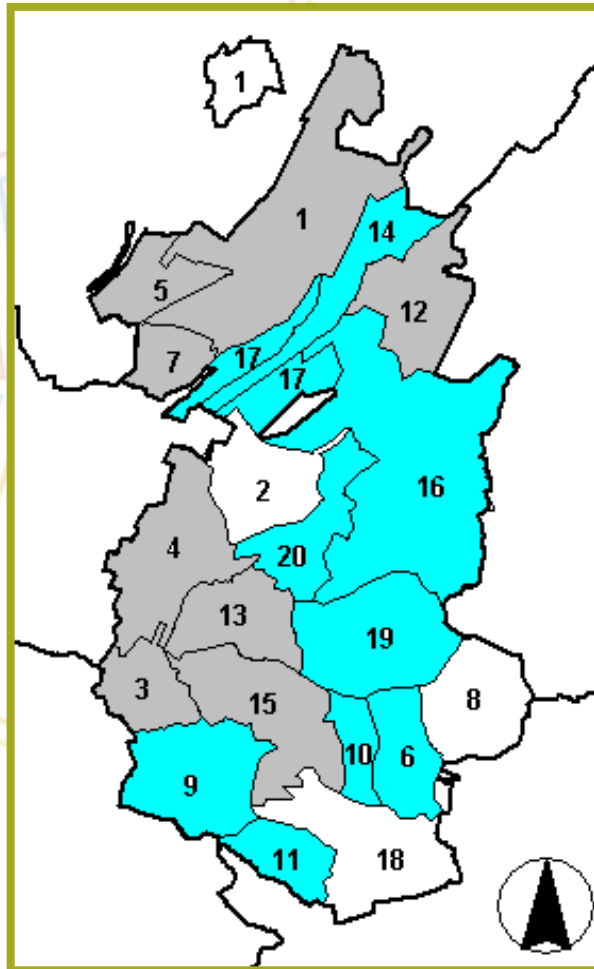
d) Exceso de nutrientes en la zona de análisis (uniendo ganaderos y agricultores)



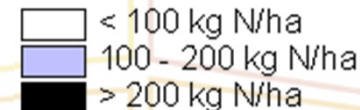
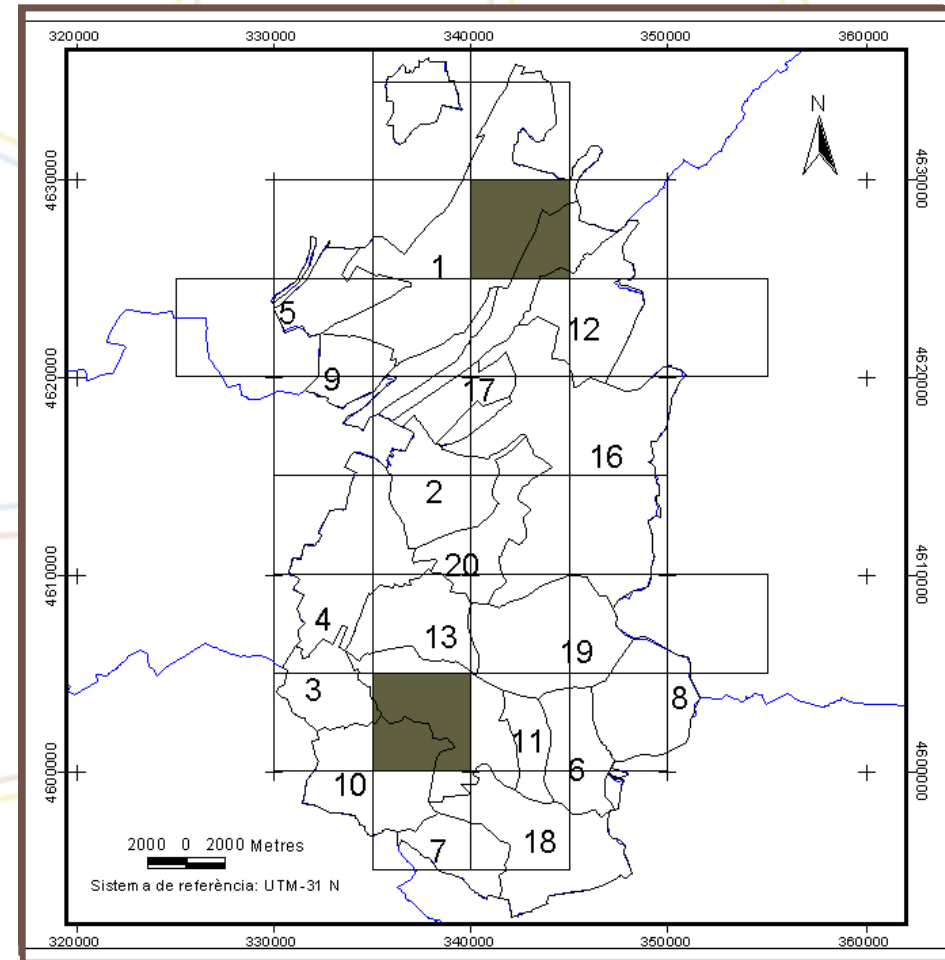
d) Los nutrientes han de ser transportados fuera de la zona o eliminados (sólo el nitrógeno se puede eliminar a N_2). Los aspectos de gestión y tecnológicos son ambos limitantes

La importancia de la escala en el análisis geográfico (ejemplo Comarca del Urgell –Lleida)

Balace de N



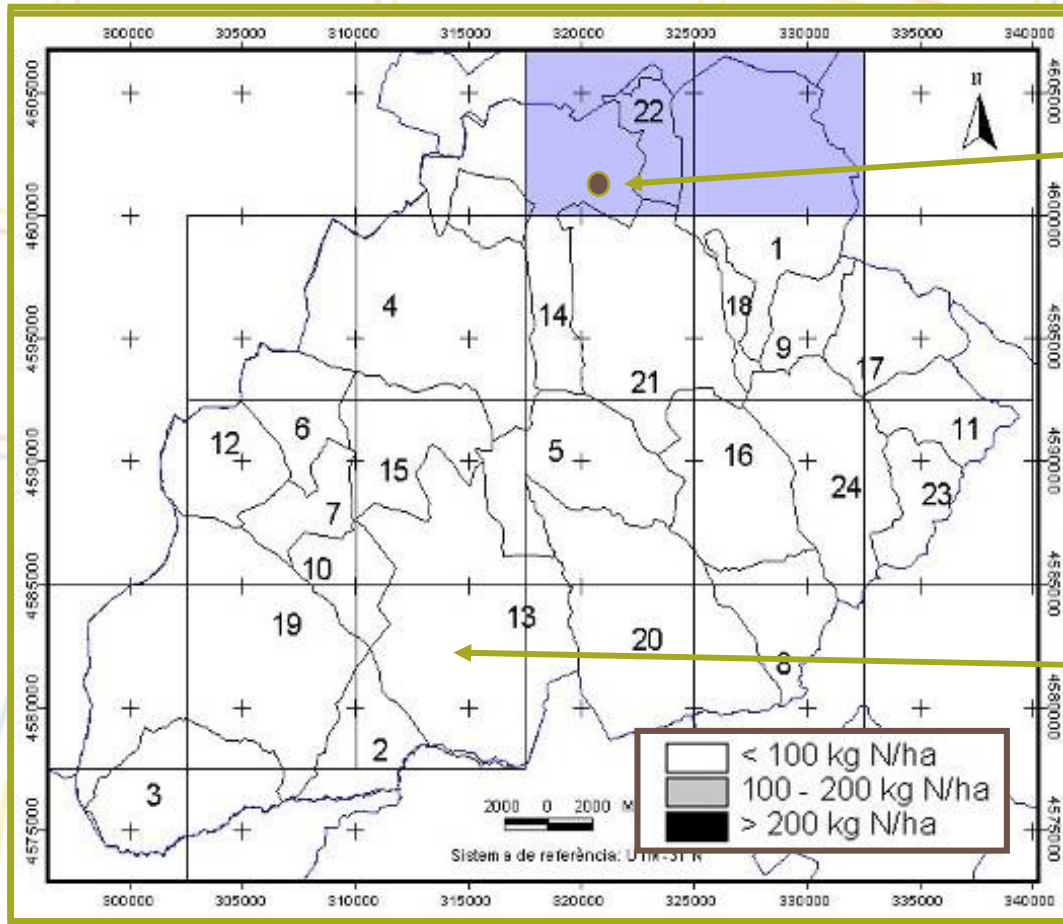
Producción de N



[Guilera et al. (2000)]

Componente geográfica.

El transporte como factor limitante



N de origen ganadero producido en la comarca de Les Garrigues (kg N/ha-year), en cuadrículas de tamaño creciente

[Teira-Esmatges y Flotats (2003), Flotats et al. (2009)]

Alta densidad e intensidad de granjas en un zona con exceso de nutrientes sugiere la necesidad de plan de gestión colectivo. Una planta centralizada es sólo una herramienta para esta gestión.

Plantas centralizadas vs en granja.

Factores que influyen en la decisión

Gestión y tratamiento colectivo/centralizado

- Perfil económico de la zona: **industrial, ganadero**, turístico, servicios, residencial,...
- Densidad e intensidad geográfica de granjas
- Impacto general del transporte de deyecciones: bajo
- Existencia de fuerte liderazgo de algunos ganaderos o empresa cualificada
- Existencia de otros residuos orgánicos (biogás) para ayudar económicamente
- Usos potenciales de calor residual (*district heating*, usos en planta,...)
- Existencia de tecnólogos y consultores profesionales
- Tratamiento centralizado como servicio a la gestión colectiva de la zona
- Variables sociales: ¿es fácil unir a los ganaderos en un proyecto común?

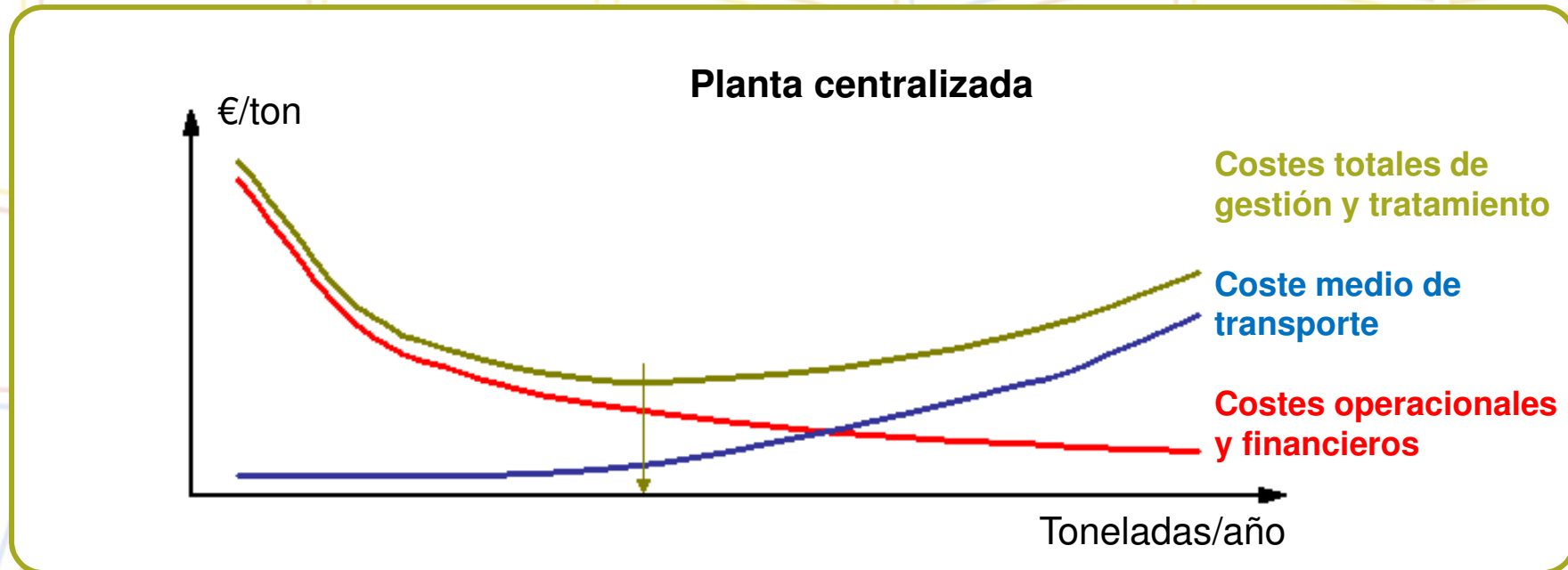
Gestión y tratamiento individual en granja

- Perfil económico de la zona: industrial, ganadero, **turístico, servicios, residencial**,...
- Impacto general del transporte de deyecciones: alto
- Grado de involucración del ganadero
- Usos de la energía térmica en la granja (si planta de biogás)
- Existencia de tecnólogos y consultores profesionales
- Instalaciones de tratamiento completamente integradas en la granja
- Simplicidad en el diseño y en la operación de las instalaciones de tratamiento

Instalaciones de tratamiento de deyecciones ganaderas en Europa (Foged *et al.*, 2011a)

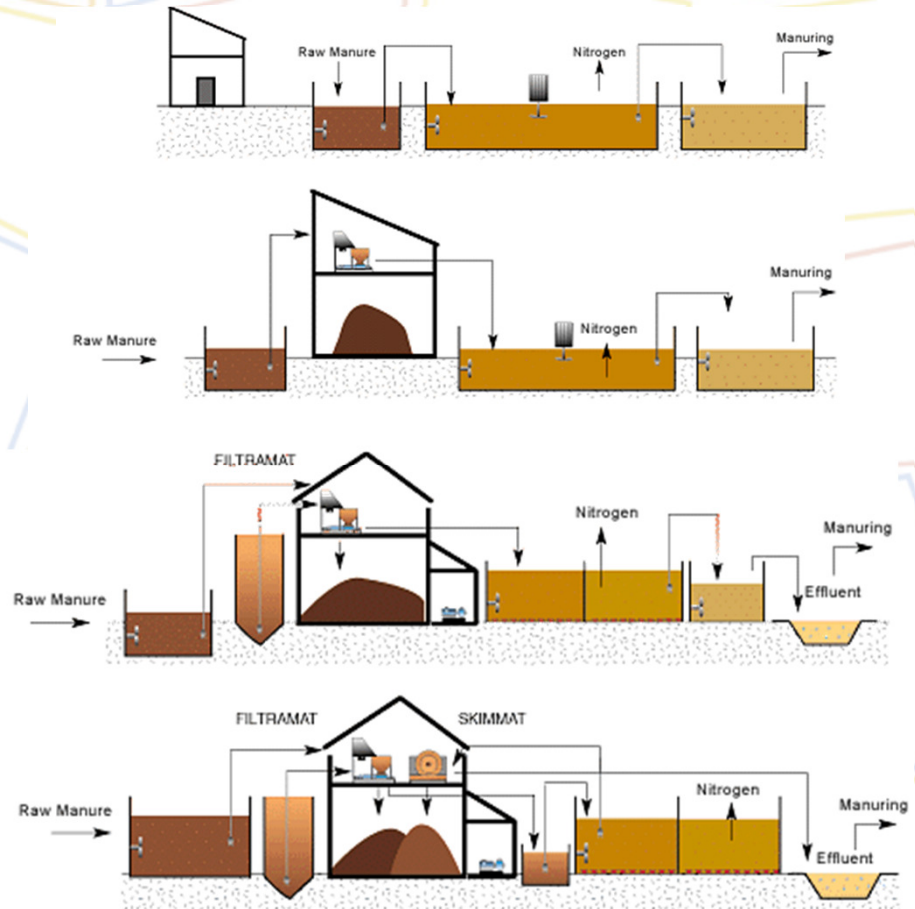
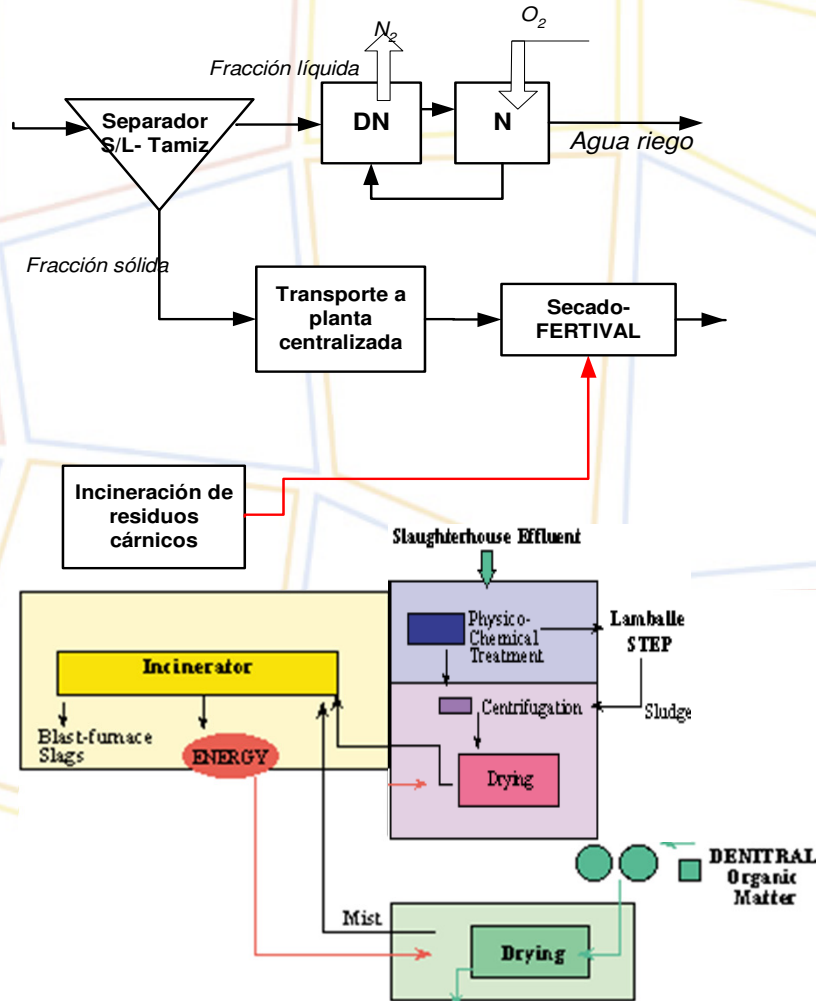
	En granja	<50.000 T/año	>50.000 T/año	Total
Total instalaciones	17.894	943	359	19.196
MTm/año	75,04	13,74	19,21	107,99
Total tratado (%)	69,5	12,7	17,8	100,0

La economía depende de factores locales



- Baja densidad e intensidad de granjas (largas distancias para recoger y gestionar una cantidad dada de deyecciones)
 - Coste de transporte sube → tamaño óptimo baja
- Alta densidad e intensidad de granjas
 - Coste de transporte baja → tamaño óptimo sube
- Subsidios para tratamiento o producción de biogás → **costes netos de operación bajan** → tamaño óptimo baja

Sistemas combinados granja - centralizado



4 esquemas a nivel de granja (función del nitrógeno y fósforo generado)



Estrategias de tratamiento

- Combinación de procesos unitarios con el objetivo de modificar las características de las deyecciones para adecuarlas a la demanda como productos de calidad
- Posibles objetivos de las estrategias de tratamiento:
 - *Adecuar la producción a las necesidades estacionales de los cultivos*
 - *Adecuar la composición a la demanda agrícola*
 - *Recuperar nutrientes*
 - *Eliminar nitrógeno*
 - *Estabilizar, eliminando materia orgánica fácilmente biodegradable*
 - *Higienizar*
 - *Eliminar xenobióticos u otros contaminantes orgánicos*
 - *Producir energía renovable*
 - *Reducir emisiones de gases de efecto invernadero*
 - *Reducir emisiones de amoníaco*
 - *Exportar; transportar fuera de la zona de producción (reducir volumen)*
 - *Transformar las deyecciones en productos con valor añadido*

Guía de los tratamientos, 2004



http://www.arc.cat/es/altres/purins/guia/swf/guia_tractaments.html

http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia_dejeccions.pdf

Inventario de las actividades de procesado de deyecciones en Europa (2011)



<http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/studies.html>

Autores:

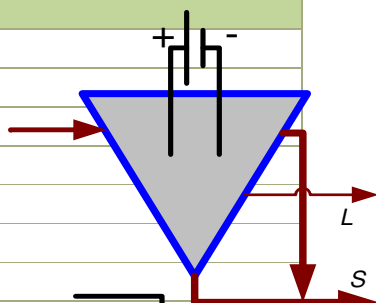
Henning L. Foged (Agropark, DK)
Xavier Flotats (GIRO & UPC, ES)
August Bonmatí (GIRO, ES)
Karl M. Schelde (Agropark, DK)
Jordi Palatsi (GIRO, ES)
Albert Magrí (GIRO, ES)
Zivko Juznic Zonta (GIRO, SLO)

[Flotats et al. (2013)]

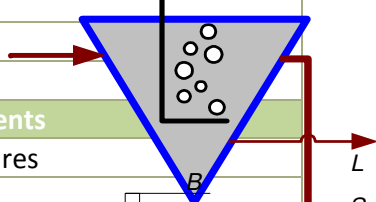
Procesos unitarios considerados

10: Separation

- 10A Coagulation-Flocculation
- 10B Electro coagulation
- 11 Separation by grate
- 12 Separation by screw pressing
- 13 Separation by sieves
- 14 Separation by filter pressing
- 15 Separation by centrifuge

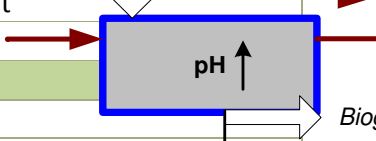


- 16 Air Flotation
- 17 Separation by drum filters
- 18 Natural settling separation



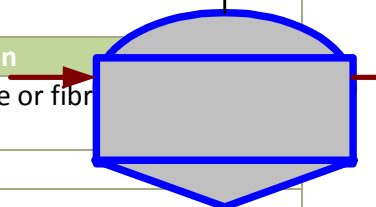
20: Additives and other pre/1st treatments

- 21 Acidification of liquid livestock manures
- 22 pH increasing (liming)
- 23 Temperature and pressure treatment
- 24 Applying other additives to manure



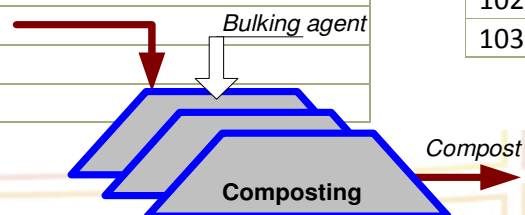
30: Anaerobic treatment

- 31A Mesophilic anaerobic digestion
- 31B Thermophilic anaerobic digestion



40: Treatment of the fibre/solid fraction

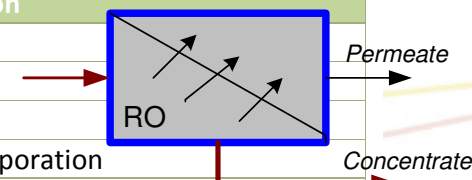
- 41 Composting of solid livestock manure or fibre
- 41A Vermicomposting
- 42 Bio drying
- 43 Thermal drying
- 44 Pelletizing
- 45 Combustion



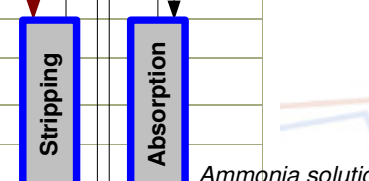
- 46 Thermal gasification
- 47 Pyrolysis
- 48 Wet oxidation

50: Treatment of the liquid fraction

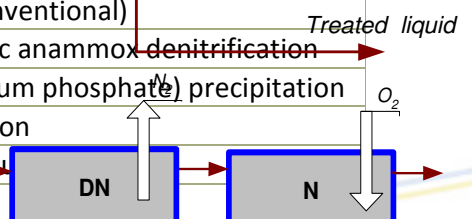
- 51 Microfiltration
- 52 Ultra filtration
- 53 Reverse osmosis
- 54A Concentration by vacuum evaporation
- 54B Concentration by atmospheric evaporation



- 55 Ammonia stripping and absorption
- 56 Carbon dioxide stripping
- 57 Electro-oxidation



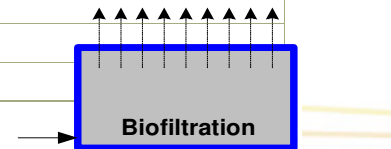
- 58 Ozonizing
- 59A Aerobic digestion (aeration)
- 59B Auto thermal aerobic digestion (ATAD)
- 60 Nitrification-denitrification (conventional)
- 61 Partial nitrification - autotrophic anammox-denitrification



- 62A Struvite (magnesium ammonium phosphate) precipitation
- 62B Calcium phosphate precipitation
- 63 Algae production on liquid manure
- 64 Constructed wetlands

100: Air cleaning (as part of manure processing plant)

- 101 Air scrubbing
- 102 Air bio filtration
- 103 Bioscrubbing (Aerobic biofilter)



[Flotats et al. (2011)]

Clasificación de estrategias tecnológicas

- **Recuperación de nutrientes sin digestión anaerobia:**
 - Separación sólido/líquido para **exportar** la fracción sólida
 - Compostaje de deyecciones sólidas o fracción sólida, para reducir volumen, producir compost y **exportarlo**
 - Separación por membranas para concentrar nutrientes y **exportarlos**
 - Evaporación/secado/peletización para **exportar** pelets o el concentrado
- **Recuperación de nutrientes con digestión anaerobia:**
 - Digestión anaerobia (DA) para producir energía
 - DA combinada con compostaje de fracción sólida para **exportar** el compost
 - DA combinada con stripping y absorción de amonio de la fracción líquida para **exportar** el amonio (agua amoniacal o sales de amonio)
 - DA combinada con separación por membrana de la fracción líquida, compostaje de fracción sólida para **exportar** concentrados y compost
 - DA combinada con evaporación, modificación de pH, evaporación y secado, para **exportar** el producto seco
- **Eliminación de nitrógeno:**
 - Nitrificación-denitrificación (NDN)
 - Separación sólido/líquido con NDN de la fracción líquida, con o sin compostaje y **exportación** de fracción sólida o combustión de fracción sólida
 - Combinaciones anteriores con separación por membranas, o evaporación de agua, secado y **exportación** de concentrado o producto seco

Balsas y estercoleros

- Herramienta de regulación básica

- Objetivos:

- Adecuar la producción continua de purines a la demanda estacional como fertilizantes
- Higienización parcial



- El dimensionado requiere planificación
- Método de dimensionado: depósito de regulación de caudales, con entrada constante y salida variable
- Volumen mínimo: el indicado por la normativa y los códigos de buenas prácticas agrarias

Separación sólido/líquido

- Tecnología conocida
- Diferentes niveles de complejidad
- Objetivos:
 - Aumentar la capacidad de gestión sobre las deyecciones
 - Facilitar la aplicación de otros procesos
 - Evitar procesos de descomposición incontroladas
 - Disminuir costes de transporte



Separación S/L.

Diversas tecnologías y variantes

Tornillo prensa



Tamiz estático



Separadores S/L en Europa (Foged *et al.*, 2011a)

	Tratamiento en granja	Centralizado	
		<50.000 Tm/año	>50.000 Tm/año
Coagulación y floculación	20		9
Rejas	20		4
Tornillo prensa	3.617	38	13
Tamiz estático	1.989	1	5
Filtro prensa	114		4
Centrífuga	136	80	28
Flotación por aire			2
Tamiz rotativo	4.632		3
Decantación natural	407	1	7
Total	10.935	120	75

Centrífugas

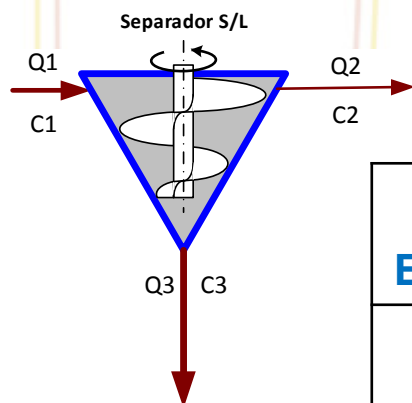


Tamiz rotativo



[Flotats *et al.* (2011)]

Separación sólido/líquido - eficiencias



Caudales: Q1, Q2, Q3 (Tm/día o m³/día); Concentraciones: C1, C2, C3 (kg/Tm o kg/m³)

Eficiencias de separación según el flujo de masa ($E=Q3 \cdot C3 / (Q1 \cdot C1)$)

	Q3/Q1			E - Sólidos Totales			E-Nitrógeno total		
	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo
Tornillo prensa	2,8%	4,85%	7,30%	18,4%	26,70%	35,90%	5,8%	6,60%	8,2%
Centrífuga	4,7%	9,79%	14,11%	32,8%	56,86%	74,50%	13,1%	23,16%	31,0%
Separación con PAM*	2,6%	4,34%	6,09%	82,9%	83,75%	84,60%	53,0%	53,70%	54,4%

*PAM: poliacrilamida. Aditivo floculante, usado si baja concentración de sólidos (< 1%ST, < 1 kg N/m³)

La eficiencia depende de la “edad” de los purines

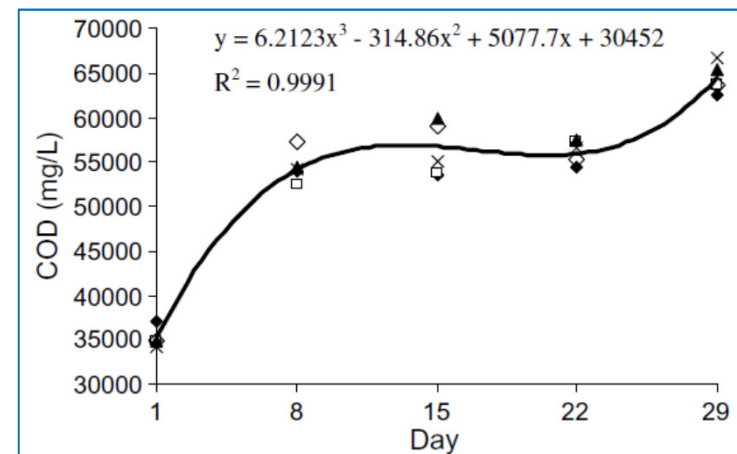
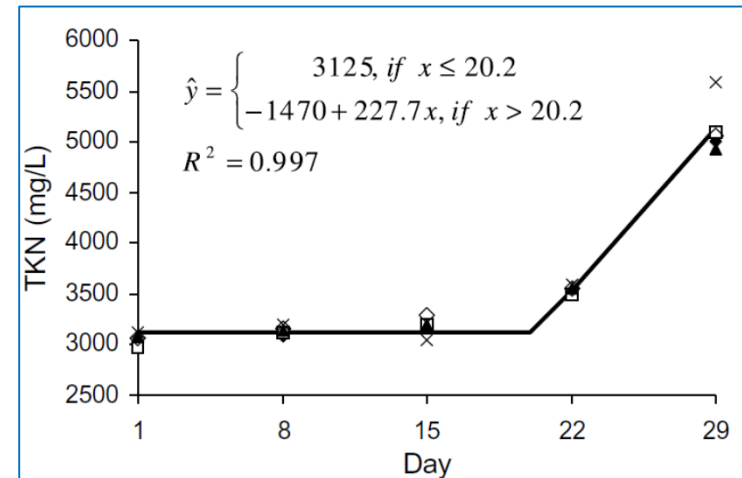
Las deyecciones presentan un comportamiento muy dinámico, siguiendo procesos de descomposición desde el momento de su generación.

Experimentos con purines de cerdo de Kunz et al. (2009) con tamices de diferente tamaño indican que:

- El nitrógeno amoniacal aumenta en la fracción líquida de forma lineal conforme más días se espera hasta la separación
- El nitrógeno total TKN (orgánico + amoniacal) aumenta en la fracción líquida si se espera más de 20 días
- La materia orgánica (COD – demanda química de oxígeno) también aumenta en la fracción líquida desde el primer día después de la generación de los purines

→ La separación sólido /líquido debe realizarse a la mayor brevedad posible, y evitar largos tiempos de almacenaje bajo *slat*.

→ Ejemplo: sistema TRAC de separación integrado en la construcción (<http://www.cooperl.com/fr/innover>)



Digestión anaerobia

Plantas de biogás

Descomposición biológica anaerobia (sin oxígeno) de la materia orgánica, para obtener biogás (metano + dióxido de carbono + trazas de otros gases)

Objetivos:

- Estabilización parcial de la materia orgánica. Mineralización
- Higienización (función de temperatura)
- Control/reducción de males olores
- Reducción gases de efecto invernadero
- Producción de biogás/energía (~ 0,6 L gasoil/m³ de biogás)
- Posibilita otros procesos posteriores

Usos del biogás:

- Calefacción
- Producción energía eléctrica
- Inyección a la red de gas natural (si biogás depurado)
- Carburante para vehículos

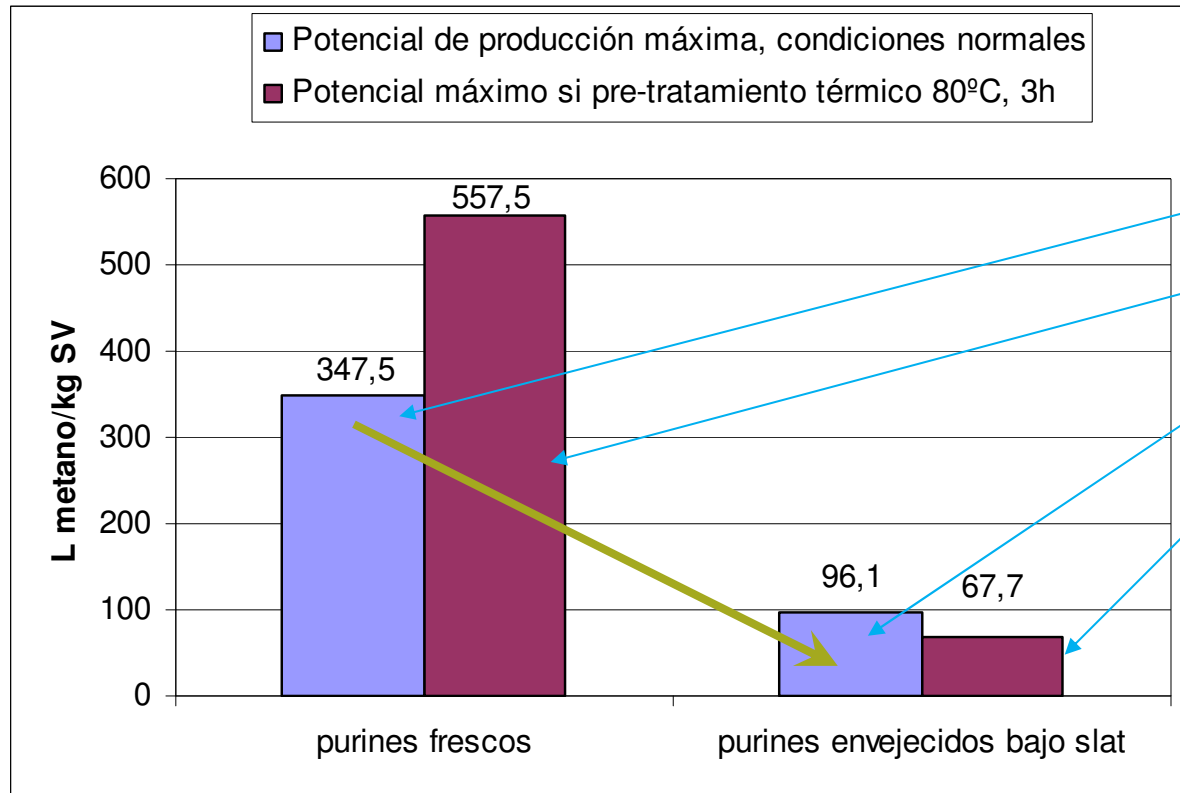
Planta de co-digestión y compostaje en granja de vacuno de Leche (Girona)



Planta de co-digestión en granja de cerdos (Lleida)



La producción de biogás también depende de la “edad” de los purines



Con 3,4% SV:

18,1 m³ biogás/m³

29,1 m³ biogás/m³

5,0 m³ biogás/m³

3,5 m³ biogás/m³

Son potenciales. Su realización depende del tiempo de retención del digestor. Usual realizar 60-75%

Los valores bajos de producción explican las bajas producciones de plantas de biogás a principios de los años 80.

Se han de tratar los purines tan pronto sea posible y evitar la práctica de almacén en la fosa.

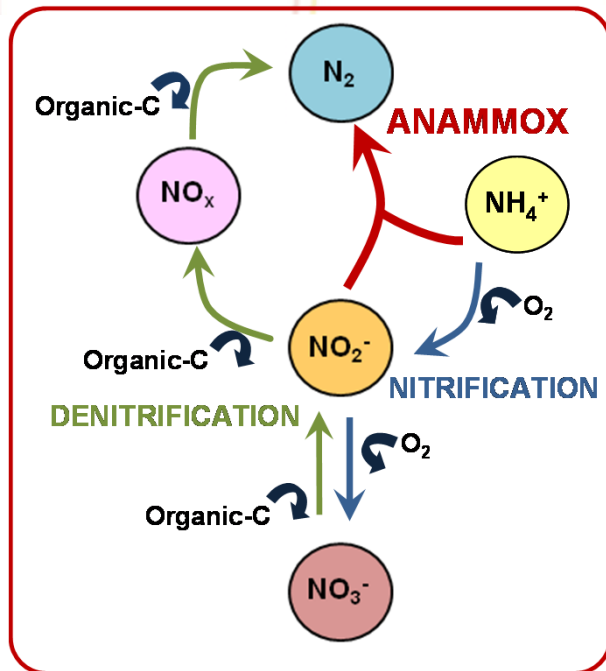
Compostaje

Aplicable a deyecciones sólidas o a la fracción sólida de purines

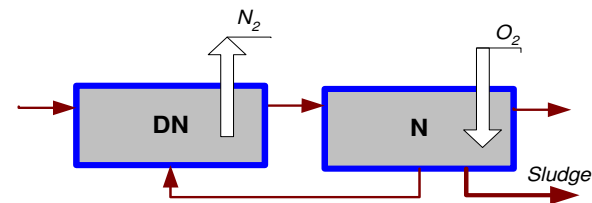
- **Objetivos:**
 - Estabilizar
 - Higienizar
 - Obtener una enmienda orgánica de calidad
 - Reducir volumen
- **Requerimientos:**
 - Obtener relación C/N, humedad, estructura, porosidad, ... adecuados
 - Es necesaria la adición de carbono (paja, serrín,...) para purines de cerdo
 - Medio aerobio



Eliminación de nitrógeno. NDN (nitrificación – desnitrificación)



- Aplicable a la fracción líquida de purines
- Es necesaria la presencia de materia orgánica para desnitrificar en el sistema convencional NDN
- Eliminación a N_2 del 60% aprox. del N original de los purines
- Varias tecnologías y configuraciones



	Consumo oxígeno (g O_2 g ⁻¹ N)	Requerimiento de materia orgánica (g COD g ⁻¹ N)	Emisiones equiv. de CO_2 (g CO_2 g ⁻¹ N)	Producción lodo (g ST g ⁻¹ N)
NDN conven.	4,57	> 2,86	5,76	1,0-1,2
NDN nitrito	3,43	1,71	4,72	0,8-0,9
NP-Anammox	1,71	0,00	3,14	< 0,1

[Campos et al. (2004); Magrí (2007); Flotats et al. (2011)]

NDN en granja

- SAT Caseta d'en Grau (Caldetenes – Osona)
- Operativa desde 2004
- 14.000 m³/año de purines
- Fracción sólida: exportada (22% N; 72% P)
- Fracción líquida: Nitrificación-desnitrificación. El efluente tratado (~65% N eliminado) es utilizado para irrigación de los cultivos del ganadero
- El ganadero opera la planta sin problemas. Estuvo implicado en la puesta en marcha y aprendió sobre el funcionamiento. Tareas de control simples
- 328 instalaciones en Europa; 229 en granja, mayoritariamente en la Bretaña francesa (Foged *et al.*, 2011a)



[Foged *et al.* (2011c)]

Recuperación de nutrientes

- **Precipitación de estruvita:**
Obtención de sales de amonio, fósforo y magnesio (Cerrillo *et al.*, 2015)
- **Stripping y absorción:**
Obtención de aguas amoniacales y/o sales de amonio (Bonmatí y Flotats, 2003a)
- **Concentración térmica:**
Obtención de lodos ricos en sales de amonio y fósforo (Bonmatí y Flotats, 2003b; Bonmatí *et al.*, 2003)

La digestión anaerobia previa favorece estos procesos

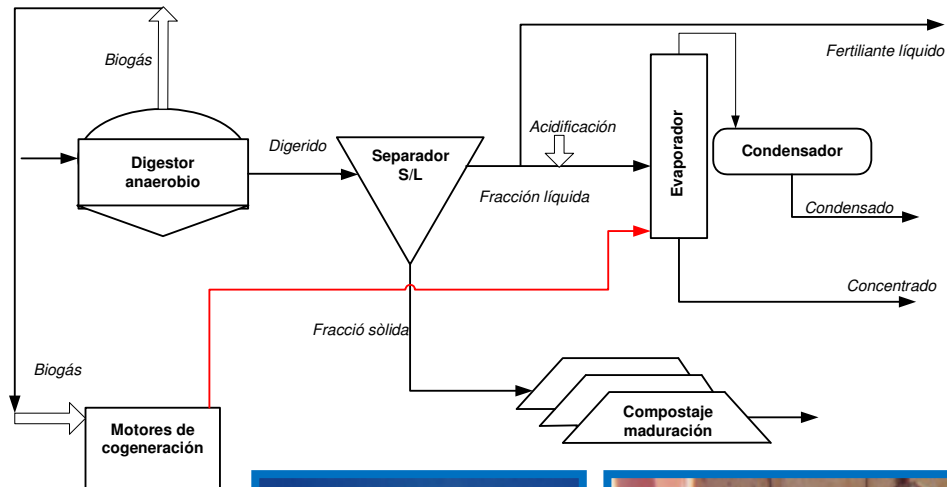
Obtención de sulfato amónico por stripping/absorción (Bonmatí y Flotats, 2003a):



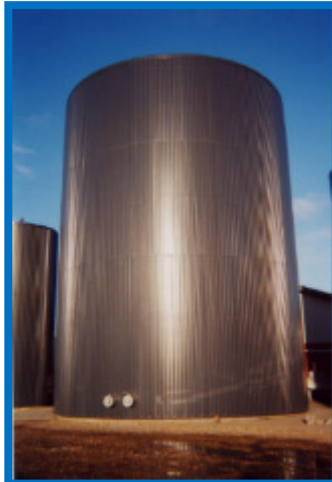
De purines frescos. Fuerte contaminación por materia orgánica. No cristaliza

De purines digeridos. Baja contaminación por materia orgánica y sin olor que recuerde el origen

Concentración por evaporación al vacío

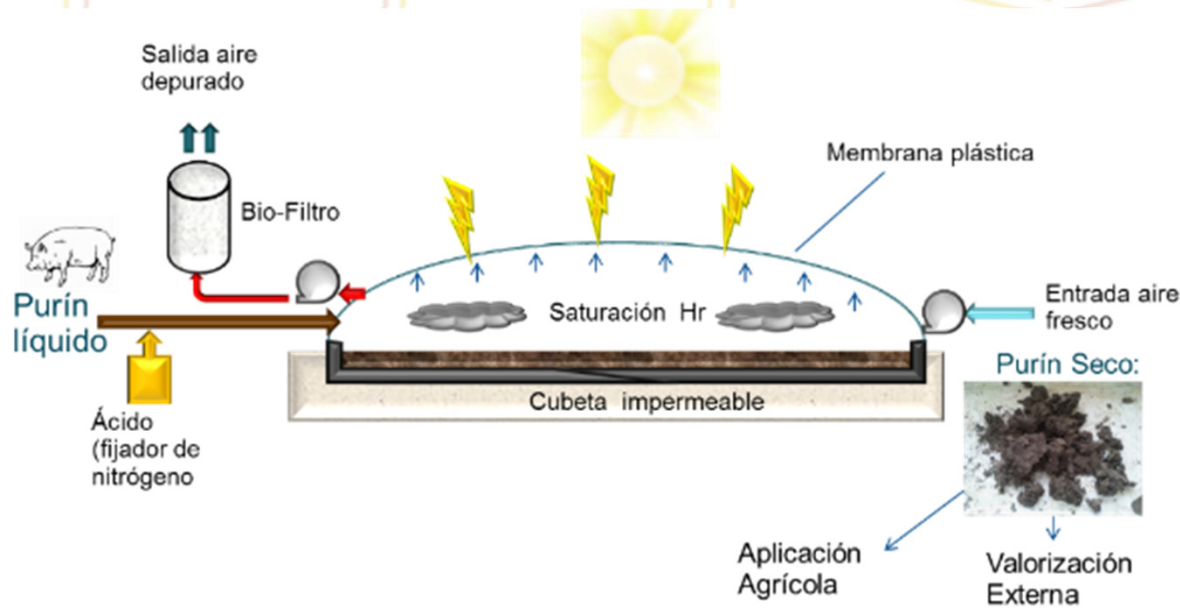


(Granja Skaaning, Dinamarca)



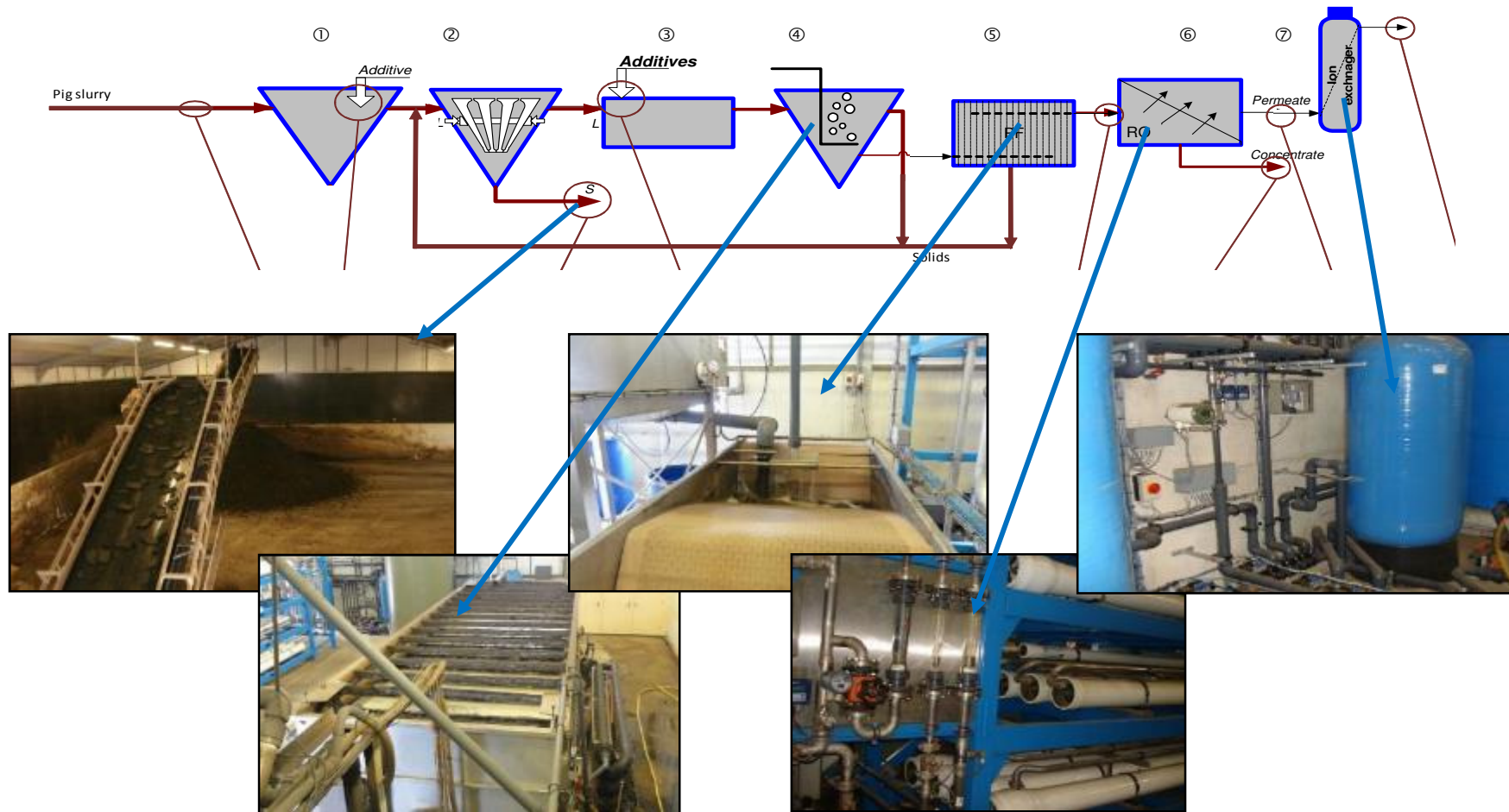
[Flotats et al. (2004)]

Concentración por evaporación solar



Desarrollo y solicitud de patente por EMA SL (Girona)

Concentración mediante osmosis inversa



[Foged et al. (2011c);
<http://edepot.wur.nl/192069>]

Inventario de instalaciones en Europa

	Instalaciones			Tratamiento (Tm/año)			%	Total deyecciones (Tm/año)
	En granja	<50.000 T/año	>50.000 T/año	En granja	<50.000 T/año	>50.000 T/año		
Separación S/L	10.935	120	75	38.935.819	1.616.190	7.993.954	89,6	43.503.000
Aditivos y pre.	606	44	18	4.356.175	1.668.402	1.448.528	78,6	5.877.000
Digestión anaerobia	4.692	459	105	66.901.242	13.364.024	7.773.914	55,7	49.034.000
Trat. Frac. Sólida	1.254	169	63	3.652.172	2.314.110	4.468.104	71,1	7.422.000
Trat. Frac. Líquida	407	121	59	2.841.538	1.903.346	4.656.888	22,9	2.149.000
Trat. Emi. Gaseosas	0	30	39	0	497.657	3.525.287	0,0	0
TOTAL	17.894	943	359	116.686.946	21.363.729	29.866.675		107.985.000

- Las mayores cantidades de deyecciones ganaderas se procesan en Italia (36,8%), Grecia (34,6%) y Alemania (14,8%)
- Como media, en Europa se trata el 7,8% de las deyecciones
- Por orden decreciente, los procesos más utilizados son:
 - Separación sólido/líquido
 - Digestión anaerobia / biogás
 - Compostaje de deyecciones sólidas o fracciones sólidas

[Foged et al. (2011a)]

Inventario de productos del tratamiento

- Tipos y cantidades estimadas de los productos y subproductos del procesado de deyecciones en Europa (Foged *et al.*, 2011b):



- 1. Sólidos separados:
- 2. Líquidos separados:
- 3. Deyecciones con aditivos o con trat. térmico:
- 4. Deyecciones digeridas:



4.855 kTm/año
43.692 kTm/año
7.473 kTm/año



- 5. Compost de deyecciones:
- 6. Producto seco o peletizado:



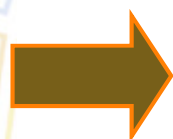
88.039 kTm/año
3.253 kTm/año
967 kTm/año



- 7. Cenizas y charcoal:
- 8. Agua de rechazo (Filter water):
- 9. Agua procesada (de NDN,...):



124 kTm/año
1.732 kTm/año
6.080 kTm/año



- 10. Concentrado de nutrientes:
- 11. Productos de lavado de gases:

1.154 kTm/año

-

Debe desarrollarse el mercado de estos productos, con normativa sobre calidades mínimas. Limitante para valorizar la fracción sólida de purines de cerdo: [Z]

Características/calidades: <http://agro-technology-atlas.eu/endandbyproducts.aspx>

¿Cómo abordar el análisis económico?

- Debe definirse con claridad el problema a solucionar
- Si una buena gestión actual no tiene un coste asociado, ningún tratamiento puede mejorar la situación
- El coste de transporte actual de deyecciones, desde zonas de alta densidad ganadera hasta zonas agrícolas deficitarias en nutrientes, es un criterio económico de referencia:
 - Si un tratamiento, o un nuevo esquema de gestión, reduce el coste actual (real o supuesto), su inversión será rentable
- Ejemplo en explotaciones porcinas de AASA (Chile): acuerdo con agricultores para fertilizar sus campos, con digestión anaerobia durante el almacenaje. La energía aprovechada del biogás reduce el coste global de gestión.



Síntesis

- No existe una solución única universal de tratamiento que solucione el problema en cualquier situación
- El tratamiento adecuado ha de ser resultado del análisis del plan de gestión adaptado a las circunstancias locales, y no un objetivo en si mismo
- Todo tratamiento tiene un coste asociado, que debería ser asumible si mejora el balance económico de la explotación
- Hay que avanzar hacia la internalización de los costes en la cadena productiva. Y también los beneficios ambientales
- Palabras clave:
 - Conocer, aprender
 - Planificar, a medio y largo plazo
 - Agrupar: ganaderos, agricultores, administración, centros I+D,
 - Querer, tener voluntad de actuar

Referencias 1

- Bonmatí, A., Flotats, X., Mateu, L., Campos, E. (2001). Study of thermal hydrolysis as a pre-treatment to mesophilic anaerobic digestion of pig slurry. *Water Science and Technology*, 44(4): 109-116.
- Bonmatí, A., Flotats, X. (2003a). Air Stripping of Ammonia from Pig Slurry: Characterization and Feasibility as a Pre- or Post-Treatment to Mesophilic Anaerobic Digestion. *Waste Management*, 23(3): 261-272.
- Bonmatí, A., Flotats, X. (2003b). Pig slurry concentration by vacuum evaporation: influence of previous mesophilic anaerobic digestion process. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 53: 21-31.
- Bonmatí, A., Campos, E., Flotats, X. (2003). Concentration of pig slurry by evaporation: anaerobic digestion as the key process. *Water Science and Technology*, 48(4): 189-194.
- Campos, E., Almirall, M., Mtnes-Almela, J., Palatsi, J., Flotats, X. (2008). Feasibility study of the anaerobic digestion of dewatered pig slurry by means of polyacrylamide. *Bioresource Technology*, 99(2): 387-395.
- Campos, E., Illa, J., Magrí, A., Palatsi, J., Solé-Mauri, F., Flotats, X. (2004). Guía de los tratamientos de deyecciones ganaderas. Agencia de Residuos de Cataluña. http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia_dejecciones.pdf
- Cerrillo, M., Palatsi, J., Comas, J., Vicens, J., Bonmatí, A. (2015). Struvite precipitation as a technology to be integrated in a manure anaerobic digestion treatment plant – removal efficiency, crystal characterization and agricultural assessment. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 90(6): 1135-1143.
- Flotats, X., Bonmatí, A., Campos, E., Teira, M.R. (1999). La producción de purines secos en el marco de una gestión integral de residuos ganaderos. *RESIDUA'99; III Conferencia Internacional sobre Gestión de Residuos*. Madrid, 24-25 de noviembre de 1999. <http://hdl.handle.net/2117/22549>
- Flotats, X., Bonmatí, A., Campos, E., Teira, M.R. (2000). El proceso de secado de purines en el marco de una gestión integral de residuos ganaderos. *Residuos*, 53, pp 40-46. <http://hdl.handle.net/2117/22612>
- Flotats, X. (2000). Perspectivas de futuros desarrollos e iniciativas en la gestión y tratamiento de purines. *RETEMA. Revista Técnica de Medio Ambiente*, marzo-abril, pp 37-47. <http://hdl.handle.net/2117/6666>

Referencias 2

- Flotats, X., Palatsi, J. (2003). Tecnologías de tratamiento de purines de cerdo. *Nuestra Cabaña*, marzo 323, pp 48-57. <http://hdl.handle.net/2117/6709>.
- Flotats, X., Campos, E., Palatsi, J. (2004). Concentración de deyecciones ganaderas mediante procesos térmicos. In *Actas del II Encuentro Internacional gestión residuos orgánicos. Pamplona (Navarra), 28-29 octubre 2004*. <http://hdl.handle.net/2117/22522>
- Flotats, X., Sarquella, L. (2008). Producció de biogas per codigestió anaerobia. ICAEN. <http://hdl.handle.net/2117/2265>
- Flotats, X., Bonmatí, A., Fernández, B., Magrí, A. (2009). *Manure treatment technologies: on-farm versus centralized strategies. NE Spain as case study. Bioresource Technology*, 100(22): 5519–5526.
- Flotats, X., Foged, H.L., Bonmati, A., Palatsi, J., Magrí, A., Schelde, K.M. (2011). Manure Processing technologies. Technical Report No. II concerning “Manure Processing Activities in Europe” to the European Commission, Directorate-General Environment. Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007, 184 pp. <http://hdl.handle.net/2117/18944>
- Flotats, X., Bonmatí, A., Palatsi, J., Foged, H.L. (2013). Trends on manure processing in Europe. In Book of Abstract, 2nd International Conference of WASTES : solutions, treatments and opportunities. Braga (Portugal), 11-13 September. Edition : CVR, Centro para a Valorizaçao de Residuos. ISBN: 978-989-97429-4-9. Pp 339-340. <http://hdl.handle.net/2117/24925>
- Foged, H.L., Flotats, X., Bonmatí, A., Palatsi, J., Magrí, A., Schelde, K.M. (2011a). Inventory of manure processing activities in Europe. Technical Report No. I concerning “Manure Processing Activities in Europe” to the European Commission, Directorate-General Environment. Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007, 138 pp. <http://hdl.handle.net/2117/18943>;
- Foged, H.L., Flotats, X., Bonmatí, A., Palatsi, J., Magrí, A. (2011b). End and by-products from livestock manure processing - general types, chemical composition, fertilising quality and feasibility for marketing. Technical Report No. III concerning “Manure Processing Activities in Europe” to the European Commission, Directorate-General Environment. Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007, 78 pp. <http://hdl.handle.net/2117/18945>
- Foged, H.L., Flotats, X., Bonmatí, A., Schelde, K.M., Palatsi, J., Magrí, A., Juznic-Zonta, Z. (2011c). Assessment of economic feasibility and environmental performance of manure processing technologies. Technical Report No. IV concerning “Manure Processing Activities in Europe” to the European Commission, Directorate-General Environment. Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007, 130 pp. <http://hdl.handle.net/2117/18947>

Referencias 3

- Foged, H.L., Flotats, X., Bonmatí, A. (2011d). Future trends on manure processing activities in Europe. Technical Report No. V concerning “Manure Processing Activities in Europe” to the European Commission, Directorate-General Environment. Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007, 34 pp. <http://hdl.handle.net/2117/18948>
- Guilera, X., Sánchez, I., Teira-Esmatges, R., Flotats, X. (2000). Pla de gestió de residus ramaders de la comarca de l’Urgell. LEA-UdL. <http://hdl.handle.net/2117/27929>
- Kunz, A., Steinmetz, R.L.R. Ramme, M.A., Coldebella, A. (2009). Effect of storage time on swine manure solid separation efficiency by screening. *Bioresource Technology*, 100: 1815–1818.
- Magrí, A. (2007). Modelización del tratamiento biológico de la fracción líquida de purines orientado a la eliminación de nitrógeno. *Tesis Doctoral, Universidad de Lleida*. <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8149/Tama1de1.pdf?sequence=1>
- Teira-Esmatges, M.R., Flotats, X. (2003). A method for livestock Waste management planning in NE Spain. *Waste Management*, 23(10): 917-932.

Gracias por su atención



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

**Departament d'Enginyeria Agroalimentària
i Biotecnologia**

xavier.flotats@upc.edu
<http://futur.upc.edu/XavierFlotatsRipoll>

GIRO

gestión integral
de residuos orgánicos



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE